

学校编码: 10384
学号: 27720101152643

分类号__密级__
UDC__

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于多 agent 的股票市场仿真模型研究
Multi-agent Simulation Model of Stock Market

陈钰

指导教师姓名: 陈灯塔教授
专 业 名 称: 金融学
论文提交日期: 2013 年 5 月
论文答辩时间: 2013 年 5 月
学位授予日期: 2013 年 7 月

答辩委员会主席: _____
评阅人: _____

2013 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘要

本文基于多主体建模的方法，对复杂的股票市场建立了元胞自动机模型。通过动力学和统计学指标检验了仿真模型的有效性，并且通过改变投资者从众概率、不同类型投资者的比例、股市初始财富、股市规模进一步探讨了投资者的微观行为对股市宏观变化的影响。

模型的基本内容为，股市中包含机构投资者和中小型投资者。每一类投资者均可以采用基本分析、技术分析或者跟风模仿周围人的策略进行投资。不同的市场条件下，投资者对三种分析方法有不同的侧重。投资者是异质的，主要表现在不同种类的投资者的信息处理能力有差别，同一类型中不同投资者的信息处理能力也存在差异。股票市场是有约束的市场，投资者每一期的行为受预算约束的限制。模型包含的信息丰富，输出的结果中不仅包含宏观变量：股票收益率、股票成交量、股票价格、投资者对股票的过度需求、市场中投资者的总财富、某时刻进行买、卖、持有决策的投资者总人数、股票基本价值等的时间序列，还包含微观变量：每一时刻投资者的股票持有量、现金持有量、个体财富、买卖股票数量、投资者参考不同投资策略的比重等。

相比于其他的股市仿真模型，本文的创新之处为，

- 1、模型包含不同种类的投资者，并且投资者不单纯只采用一种决策依据，而是会采用多种分析方法进行决策。不同的股市环境下，投资者对各种分析方法赋予不同的权重，达到“兼听则明”。
- 2、将投资者的心理因素引入股票市场，投资者既拥有自信的一面——依据基本分析、技术分析做决策，也有不自信的一面——跟风模仿周围的人的行为进行决策。
- 3、充分考虑投资者的异质性。差异不仅存在于不同种类的投资者中，也存在于同一种类的不同投资者中。
- 4、考虑有约束的股票市场，投资者的交易受到预算约束的影响。

关键词：元胞自动机；股票市场；基于主体的建模方法

Abstract

I develop a multiple-agent cellular automaton model of the stock market where the heterogeneous agents devise investment strategies based on fundamental analysis, technical analysis, and imitation, to study the impact of herding behavior on the stock market. The agents are divided into institutional investors and small retail investors, who have different emphasis on the three analytical methods. The investors also differ in their information processing capabilities, which differs even among the same type of investor. Furthermore, the individuals choose their optimal strategy subject to their budget constraint, which differs between institutional and retail investors.

From this model I obtain time series of stock prices and returns, trading volume, excess demand, total wealth, the total numbers of investors buying, selling or holding stocks, and also of the fundamental value of the stock. I further obtain time series of buy-hold-sell decisions according to the investor type, and also obtain information about the proportion of investors invested in each strategy, according to the investor type.

I further conduct comparative static analysis to study the impact of both micro and macro factors on prices, returns, trading volume, trading decisions, etc.

My paper has the following innovations compared to previous stock market simulation models.

1. My model contains heterogeneous agents of different types, institutional and retail, and use three types of analysis, fundamental analysis, technical analysis, and imitation for decision making.
2. I introduce psychological factors into the stock market, where unconfident investors imitate the behavior of other investors.
3. Heterogeneity exists not only in the different types of investors, but is also present in the information processing ability across investors of even the same type.
4. Investors make transactions subject to their budget constraints.

Key Words: cellular automaton; stock market; agent-based model

目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
目录.....	III
第一章 引言	1
1.1 研究背景与目的.....	1
1.2 研究框架.....	1
第二章 理论及文献综述	3
2.1 分形市场假说.....	3
2.1.1 分形结构特征变量.....	4
2.2 股市分析中的统计学指标.....	5
2.2.1 偏度.....	5
2.2.2 峰度.....	5
2.2.3 市场投资行为的稳定性.....	5
2.3 基于主体的建模理论.....	6
2.3.1 基于主体的建模方法的应用领域.....	6
2.3.2 ABM 建模方法用于金融市场研究的优点.....	9
2.3.2 ABM 建模方法在金融市场建模中的具体步骤.....	10
2.3.3 ABM 方法在证券市场的研究现状.....	11
2.4 元胞自动机模型.....	14
2.4.1 元胞自动机模型.....	14
2.4.2 元胞自动机模型的建立.....	15
2.4.3 元胞自动机的应用.....	17
2.4.4 元胞自动机模型用于经济学研究的优点.....	18
2.4.5 元胞自动机在股票市场研究中的现状.....	19
2.4.6 元胞自动机理论与 ABM 方法的联系.....	23
第三章 模型构建和分析	24
3.1 模型.....	24
3.1.1 模型假设.....	24
3.1.2 元胞自动机模型.....	24
3.1.3 模型的创新之处.....	31
3.2 模型结果分析.....	31
3.2.1 基本结果.....	31
3.2.2 模型讨论.....	41
第四章 总结与展望	45
4.1 本文总结.....	45
4.2 研究展望.....	45
参考文献.....	47

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Abstract.....	I
Abstract.....	II
Outline.....	III
1 Introduction.....	1
1.1 Background and Motivation.....	1
1.2 Structure.....	1
2 Literature Review.....	3
2.1 Fractal Market Hypothesis.....	3
2.1.1 Characteristic variables.....	4
2.2 Statistical indicators.....	5
2.2.1 Skewness.....	5
2.2.2 Kurtosis.....	5
2.2.3 Stability of Investors' Behaviors.....	5
2.3 ABM Method.....	6
2.3.1 Applications of ABM Method.....	6
2.3.2 Advantages of ABM Method in Finance Research	9
2.3.2 How to Use ABM Method.....	10
2.3.3 Research Status of ABM Method in Finance Research.....	11
2.4 Cellular Automaton Model (CA Model).....	14
2.4.1 CA Model.....	14
2.4.2 How to Build CA Model.....	15
2.4.3 Applications of CA Model.....	17
2.4.4 Advantages of CA Model in Finance Research.....	18
2.4.5 Research Status of CA Model in Finance Research.....	19
2.4.6 Relationship of ABM Method and CA Model	23
3 Model and Analysis	24
3.1 Model.....	24
3.1.1 Hypothesis.....	24
3.1.2 CA Model.....	24
3.1.3 Innovations.....	31
3.2 Analysis.....	31
3.2.1 Basic Results	31
3.2.2 Discussions.....	41
4 Future Work	45
4.1 Summary.....	45
4.2 Research Prospects	45
Reference.....	47

第一章 引言

1.1 研究背景与目的

1.1.1 股票市场复杂性特征

股票市场是动态变化的市场。它同时受到经济和非经济因素的影响，信息会与价格产生作用，市场中的交易数据是高频、高质量的。

股票市场的投资者众多。他们一方面互相独立、各自决策，另一方面又相互依赖、行为上互相模仿。

市场中的投资者是不完全理性的，容易受到情绪的影响，投资决策依据模糊不清，投资者个体的非理性行为导致宏观股票市场出现了无效率和异常现象^[1]。比如，股市出现意想不到的股价泡沫或者股价崩跌，收益率出现尖峰肥尾现象，投资者频繁的使用技术分析进行投资^[2]。人们无法区分噪声信号和真正有价值的信号，股票市场常对消息做出非理性反应。股票市场做为一个整体，容易受到微小扰动的影响等。

1.1.2 传统经济学与复杂系统经济学

传统的经济学理论假设经济人是理性同质的，把系统看成是个体理性行为的简单加总，用静态均衡的观点分析问题。其中的经典理论，如有效市场假说、APT模型、CAPM模型都无法解释股票市场的异常现象。

为了描述复杂的股票市场，Santa Fe实验室的经济学家最先开始思考，他们使用计算机模拟股市的动态变化，建立了虚拟股票市场模型，研究投资者的行为、策略、预期会如何影响股票市场的运行，并促进了复杂经济学的发展^[3]。

有别于传统经济学，复杂经济学认为经济不是一个平衡的系统，而是处于不断的动态演化当中，简单的微观作用会导致产生复杂的宏观现象。Arthur等人^[4]进一步强调股票市场是一个复杂系统。它由众多相互联系的投资者组成。市场中的投资者是异质的，分散在股市中，相互影响。任何一个投资者的行为依赖于股市的整体情况以及对其他投资者行为的预期。每个人都具有学习能力，他们的行为、行动、策略都会根据投资经验不断的调整。股市处于持续不断的变动中。

1.1.3 研究目的

目前，利用复杂系统的研究方法对股票市场建立仿真模型处在起步阶段，主要建模思路为从微观投资者角度来描述股票市场，通过模拟投资者之间的互动，努力再现复杂的股市宏观现象，并且对复杂现象进行预测。

现有的股票市场仿真模型存在以下不足：

(1) 对投资者的模拟没有充分体现异质性和行为的动态变化。大多数模型只是将投资者进行简单的分类，每一类投资者具有相同的投资策略，并且投资策略不随投资环境的改变而变化。

(2) 对投资者的非理性行为模拟不充分。大多数模型假设投资者要么是完全理性的, 要么是完全不理性的, 没有考虑投资者具有复杂的人性, 理性和非理性应同时存在于每个投资者身上。

(3) 对模型的机制设计偏离实际。大多数模型假设股市中的股票数量无限、投资者持有现金无限、股票基本价值固定, 与现实相去甚远。

(4) 模型的结论不充分。大多数模型只是通过仿真, 直观再现了股市的复杂性特征, 没有进行进一步的检验, 并且模型得出的结论较少, 包含的信息不丰富。

针对以上问题, 本文在前人研究的基础上, 利用复杂系统的研究方法, 建立多主体的股票市场元胞自动机模型。

本文的模型做了以下改进:

(1) 充分体现了投资者的异质性和行为的动态变化。差异不仅存在于不同类投资者之间, 也存在于同类投资者中的不同个体之间, 并且投资者的行为会随着不同的投资环境动态变化。

(2) 充分体现了投资者是复杂的个体, 理性和非理性同时存在于每个投资者身上。同一时刻, 投资者既有理性的一面、表现为自信的自主决策, 也有非理性的一面、表现为不自信的模拟周围人的行为。

(3) 机制设计更加贴近现实。模型为有约束的股票市场, 市场中股票数量有限、投资者资金有限, 决策受预算约束的影响, 并且股票的基本价值随企业的经营情况动态变化。

(4) 模型的结论充分, 包含信息丰富。首先从模型产生的直观结果和动力学、统计学特征两个层面对仿真模型的有效性进行了检验。其次, 进一步通过改变模型的参数, 探讨了投资者的从众行为、投资者的不同类型占比、股市的初始财富、股市的规模等的变化对宏观股市的影响。

1.2 研究框架

本文研究框架如下:

第一章为“引言”部分, 介绍了本文的研究背景和目的。

第二章为“理论及文献综述”部分, 介绍了分形股票市场假说、多主体建模的思想及元胞自动机模型。

第三章为“模型的构建和分析”部分, 重点介绍建立的模型及模型的创新之处, 并且从模型基本结果、扩展分析两个层面对模型的仿真效果进行了说明。

第四章为“结论与展望”部分, 总结了模型带来的启示, 并指出了未来可能的研究方向。

厦门大学博硕士论文摘要库

第二章 理论及文献综述

2.1 分形市场假说

金融市场是时刻动态变化的，市场中的投资者不是完全理性的，人与人之间存在差异，并且收益率存在自回归异方差性、回报率不服从正态分布^[5, 6]等。

传统金融学理论，比如，有效市场假说（EMH）、APT 理论^[7]和 CAPM^[8, 9, 10]模型，虽然在数学表达方面比较简化，但是它们均假设信息和投资者是同质、理性的。每个投资者都知道如何分析接收到的信息，并且最大化自己的回报率，各种有效信息和其对投资者的影响都是相同的。这些模型都是均衡模型，不能处理市场从均衡到动荡的过程。

为了模拟金融市场中出现的动荡、不连续和非周期性，Peters^[11, 12]提出了分形市场假说。分形市场假说认为投资者拥有不同的投资期限，对信息的解读有所不同。Mandelbrot^[13]利用分形模型来解释复杂行为，并应用于金融研究中。

分形是分形市场假说中的重要概念。我们的周围存在着不规则而复杂的形状和结构，比如：金融市场中的价格波动，星系、山峦、海岸线的形状等。分形理论将研究对象视为不规则的，图形可以被无穷细分为细微的结构，并且局部与整体存在自相似性^[14]，而且图形越复杂，背后的规则经常越简单。

分形理论引入分数维的概念，空间维数不再是整数（例如，点是零维空间、线是一维空间、面是二维空间等），而是分数。当把线段、正方形、正方体的线度缩小为原来的 $\frac{1}{2}$ 时，原来的图形被平均的分成了 2^1 ， 2^2 ， 2^3 个相似的子图形。

若将图形缩小 λ 倍，得到 k 个相似的图形，则 $\lambda^D = k$ ， D 称为相似性维数。分形维用来描述分形的不规则度。利用分形理论建模，可以实现对不规则结构的“伪造”。

分形市场假说认为，稳定的市场存在分形结构，强调信息和投资期限对投资者行为的影响^[15]，包含以下五条基本的假设。

假设一：市场由很多投资者组成，并且投资者的投资期限不尽相同。

假设二：信息对不同投资期限的投资者具有不同的影响。

假设三：市场的稳定，即，供给和需求的平衡在于保持流动性。

假设四：价格既受到短期技术分析的影响，也受到长期基本分析的影响。

假设五：如果证券市场与经济周期无关，证券市场就不会存在长期趋势。交易、流动性和短期信息将在市场中占主导地位。

2.1.1 分形结构特征变量

（一）基于 R/S 分析的赫斯特指数（H）

赫斯特指数是研究非独立同分布系统的统计方法。用于衡量时间序列的长期记忆性，与时间序列的自相关相联系。根据金融理论，股票价格随机波动，所以

估计股市中的赫斯特指数对于描述股价随机运动中的趋势非常重要。

英国水文专家赫斯特发明了重标极差分析法，并在重标极差分析方法的基础上定义了赫斯特指数。重标极差为观测值的极差除以标准差，即，若存在时间序列 $\{n_i\}_{i=1}^m$ ，长度为 m ，其均值为

$$E_m = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i \quad (2.1.1)$$

记

$$X_{im} = \sum_{k=1}^i (n_k - E_m)^2 \quad (2.1.2)$$

X_{im} 为累积离差。极差 R_m 为累积离差的最大、最小值之差，

$$R_m = \max X_{im} - \min X_{im}, \quad 1 \leq i \leq m \quad (2.1.3)$$

序列的标准差 S_m 为，

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (n_i - E_m)^2} \quad (2.1.4)$$

重标极差 F_m 定义为，

$$F_m = R_m / S_m \quad (2.1.5)$$

重标极差与观测时间的关系是，

$$(R/S)_N = CN^H \quad (2.1.6)$$

其中 N 为观测次数和时间间隔， C 为常数， H 为赫斯特指数。金融研究中，由不同的观测次数 N 可以得到一系列 R/S 值。以 $\ln N$ 、 $\ln(R/S)$ 作线性回归分析，斜率便是赫斯特指数。

赫斯特指数在 0 到 1 之间任意取值，量化时间序列的趋势，检验序列是会回归均值，还是会在一个方向上出现聚集^[16]。

如果赫斯特指数大于 0.5，说明观测序列存在着长期的正自相关，序列中若出现一个较大值，其后也可能紧跟着另一个较大值，并且在未来较长时间内，出现较大值的可能性很大。若序列中出现较小值，则其后较长时间内出现较小值的可能性都很大。

当赫斯特指数小于 0.5 时，说明观测序列为反持久性的均值回复时间序列，即序列的一个方向上的变动会导致下一阶段相反方向的变动，较大值、较小值交替出现。

当赫斯特指数为 0.5 时，说明观测序列是一个随机序列，序列的任何变动无规律可寻。

(二) 两个分形维

时间序列是分形的，当使用分形理论研究时间序列时，分形维 D 可以度量时

间序列的参差不齐性，分形维 ∂ 可以度量时间序列概率密度分布函数尾部的粗细程度。在分形几何学中，赫斯特指数 H 与分形维数 D 、 ∂ 直接关联，它们与赫斯特指数的关系是， $D=2-H$ ， $\partial=1/H$ 。有效市场假说认为分形维 ∂ 必须等于2。分形市场假说认为 ∂ 可以在1到2之间取值^[17]。

2.2 股市分析中的统计学指标

2.2.1 偏度

偏度是随机变量的三阶标准矩，被定义为，

$$\gamma = E\left[\left(\frac{X-\mu}{\sigma}\right)^3\right] \quad (2.2.1)$$

偏度衡量随机变量的概率分布曲线的非对称程度。偏度可以为正、可以为负。偏度值为负意味着时间序列中大多数的数据位于均值的右侧，直观表现为概率密度曲线左侧的尾部长于右侧的尾部。偏度值为正意味着时间序列中大多数的数据位于均值的左侧，直观表现为概率密度曲线右侧的尾部长于左侧的尾部。偏度值为零意味着时间序列的分布关于均值对称。

2.2.2 峰度

峰度是随机变量的标准四阶矩，被定义为，

$$\beta = \frac{E[(X-\mu)^4]}{(E[(X-\mu)^2])^2} \quad (2.2.2)$$

峰度衡量随机变量概率分布曲线的尖峰程度。通常将时间序列的峰度与正态分布的峰度做比较，如果时间序列的峰度大于3，说明时间序列的概率密度相比于正态分布的概率密度曲线具有尖峰肥尾。如果时间序列的峰度小于3，说明时间序列的概率密度相比于正态分布的概率密度曲线具有平峰瘦尾。另外，峰度值越大，表明时间序列的方差更多的来源于罕见的极端偏差。

2.2.3 市场投资行为的稳定性

本文使用投资者行为的离散度做为股票市场稳定性的衡量指标^[18]。离散度的具体定义如下：投资者具有买、卖、持有三种行为。特定时刻，买入行为的投资者人数（也可称为买行为的容量）为 N_b ，卖出行为的投资者人数（也可称为卖行为的容量）为 N_s ，持有行为的投资者人数（也可称为持有行为的容量）为 N_h 。市场中的总人数为 N ， $N = N_b + N_s + N_h$ 。在一段时间内，买入、持有、卖出行为的投资者数目的期望为 E_b ， E_h ， E_s 。令 R 表示 E_b ， E_h ， E_s 的极差。股市中

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库